



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH BERBASIS PENGINDRAAN
JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
(STUDI KASUS : KABUPATEN KENDAL)**

TUGAS AKHIR

IFAN ADI PRATAMA

21110113120015

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2018**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH BERBASIS PENGINDRAAN
JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
(STUDI KASUS : KABUPATEN KENDAL)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata-1)

IFAN ADI PRATAMA

21110113120015

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2018**

HALAMAN PERNYATAAN

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip
maupun dirujuk
Telah saya nyatakan benar**

Nama : Ifan Adi Pratama

NIM : 21110113120015

Tanda Tangan :



Tanggal : 3 September 2018

HALAMAN PENGESAHAN





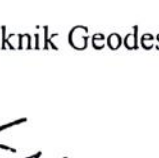
Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : IFAN ADI PRATAMA
NIM : 21110113120015
Departemen : TEKNIK GEODESI
Judul Skripsi :

IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH BERBASIS PENGINDRAAN JAUH
DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS KABUPATEN
KENDAL)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai
bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1
pada Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing 1 : Abdi Sukmono, S.T., M.T.
Pembimbing 2 : Hana Sugiastu Firdaus, S.T., M.T.
Penguji 1 : Abdi Sukmono, S.T., M.T.
Penguji 2 : Hana Sugiastu Firdaus, S.T., M.T.
Penguji 3 : Nurhadi Bashit, S.T., M.Eng.

()
()
()
()
()

Semarang, 3 September 2018

Ketua Departemen Teknik Geodesi



Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T.

NIP. 197904232006041001

HALAMAN PERSEMBAHAN

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan (Al – insyirah :5)

من جدّ وجد

“Barang siapa bersungguh-sungguh, maka dia akan mendapatkan (kesuksesan)”

“Sebaik – baiknya skripsi adalah Skripsi yang selesai”

Dengan menyebut nama Allah SWT, Tugas akhir ini saya persembahkan untuk Ibu dan Ayah saya yang telah banyak memberikan dukungan moril dan materil dalam setiap perjalanan hidup saya, untuk adik kandung saya shifa yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Terima kasih

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, Pencipta dan Pemelihara alam semesta, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tidak akan pernah berhenti. Tugas akhir ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin Penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Abdi Sukmono, S.T., M.T., yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga apa yang telah bapak berikan berupa ilmu, akhlak, dan kebaikan dapat bermanfaat bagi kehidupan saya kedepannya, dan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT
3. Ibu Hana Sugiastu Firdaus, S.T., M.T., yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga apa yang telah bapak berikan berupa ilmu, akhlak, dan kebaikan dapat bermanfaat bagi kehidupan saya kedepannya, dan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT
4. Seluruh Dosen Departemen Teknik Geodesi yang tidak pernah lelah dalam memberikan ilmu, bimbingan, arahan, saran dan bantuan dalam proses perkuliahan dan pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Staf Tata Usaha Departemen Teknik Geodesi yang selalu membantu dalam proses administrasi dan sebagainya.
6. Segenap adik, serta kakak Tingkat saya yang telah memberikan fasilitas pendukung selama pengerjaan tugas akhir ini.
7. Keluarga besar Teknik Geodesi 2013 yang telah memberikan banyak kisah suka, duka, dan cerita luar biasa, semoga selalu terjalin kebersamaannya, A W !
8. Keluarga besar “Cibos Family” yang telah banyak berbagi kenangan bahagia selama masa kuliah, semoga tetap terjalin komunikasi selamanya, “Yang Lain Kerja, Kita Wisata”.
9. Huda, lutfi, kurniawan, khafidin, baskoro, sule, cahya, diqja, amar, daud, bagus, ray yang selalu mau direpotkan dan diajak diskusi terkait tugas akhir saya.
10. Keluarga besar SHERPA Geodesi yang telah menjadi tempat dalam pengembangan softskill dan kekeluargaan yang bermanfaat untuk saya, SOLID SOLID SOLID !

11. Keluarga kecil SEKAR RINJANI yang telah memberikan banyak pengalaman pahit dan senang dalam berjuang dan menikmati hasilnya, semoga tetap solid.
12. Teman – teman HM Teknik Geodesi periode 2014 dan 2015 terutama untuk Bidang Hubungan Luar yang telah memberikan ilmu softskill dan kekeluargaan yang bermanfaat untuk saya.
13. Teman-teman seperjuangan saya dari Keluarga Mahasiswa Klaten UNDIP utamanya fajar, irfan, tomi dan diki yang telah menjadi saksi hidup perjuangan selama ini.
14. Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik berupa material maupun spiritual serta membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya, Penulis berharap semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan yang Penulis dalami.

Semarang, 3 September 2018

Penyusun

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : IFAN ADI PRATAMA
NIM : 21110113120015
Jurusan/Program Studi : TEKNIK GEODESI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non eksklusif Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

IDENTIFIKASI POTENSI AIR TANAH BERBASIS PENGINDRAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS : KABUPATEN KENDAL)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Semarang, 3 September 2018

Yang menyatakan



(Ifan Adi Pratama)

ABSTRAK

Air tanah merupakan bagian air di alam yang terdapat di bawah permukaan tanah. Jumlah air tanah yang tersimpan di bumi memiliki jumlah yang tidak lebih dari 1%. Pemanfaatan air tanah oleh masyarakat semakin berkembang di berbagai sektor. Kabupaten Kendal merupakan salah satu daerah di Indonesia yang terkena dampak kekurangan air tanah. Pemetaan air tanah perlu dilakukan untuk mengetahui potensi air tanah di suatu daerah sebagai tindakan awal dalam upaya identifikasi dan pencarian sumber air demi memenuhi kebutuhan masyarakat.

Identifikasi potensi air tanah di Kabupaten Kendal dalam penelitian ini menggunakan data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Aplikasi Penginderaan Jauh digunakan untuk mengidentifikasi indeks vegetasi menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Aplikasi Sistem Informasi Geografis dilakukan untuk mengidentifikasi potensi air tanah melalui tumpang tindih dengan metode kuantitatif berjenjang terhadap parameter indeks vegetasi, kelerengan, jenis tanah, jenis batuan, curah hujan dan penggunaan lahan sehingga didapat sebaran potensi akuifer serta tumpang tindih sebaran potensi akuifer terhadap parameter cekungan air tanah.

Hasil dalam penelitian ini, didapatkan bahwa potensi air tanah di Kabupaten Kendal terdiri dari beberapa kelas potensi air tanah yaitu tidak berpotensi, rendah, sedang, dan tinggi. Potensi air tanah di Kabupaten Kendal didominasi oleh potensi air tanah sedang seluas 48.506,330 Ha, tidak berpotensi seluas 35.635,907 Ha, potensi air tanah tinggi seluas 15.443,343 Ha, dan potensi air tanah rendah seluas 1.152,785 Ha. Berdasarkan validasi menggunakan 41 data lapangan diperoleh 34 data sesuai dan 7 data tidak sesuai sehingga diperoleh tingkat akurasi sebesar 82,93%.

Kata Kunci : Air Tanah, Akuifer, Indeks Vegetasi, NDVI

ABSTRACT

Groundwater is a part of the water in nature which is located under the soil surface. The volume of groundwater in the world is not more than 1%. Groundwater utilization by Public society are growing in various sectors. Kendal Regency is one of the regions in Indonesia that is affected by water scarcity. Groundwater mapping needs to be determine the potential of groundwater in an area as early action in an effort to identify and search for water sources to meeting public needs.

Identification of groundwater potential in Kendal Regency in this research based on remote sensing and geographic information systems. Remote sensing applications are used to identify vegetation indices using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) algorithm. The application of geographic information systems is conducted to determine the potential of ground air through overlapping with tiered quantitative methods on the parameters of vegetation index, slope, soil texture, rock type, rainfall, and land use to obtain aquifer potential distribution and overlay the aquifer potential distribution to the parameters of the groundwater basin.

The result of this research, it was found that the potential groundwater in Kendal Regency consists of severel classes of groundwater, i.e no potential, low, medium and high. Potential groundwater in Kendal Regency is dominated by the potential of medium ground water covering 48.506,330 Ha, no potential covering 35.635,907 Ha, high groundwater potential covering 15.443,343 Ha and low groundwater potential covering 1.152,785 Ha .. Based on the validation using 41 field data obtained 34 match data and 7 not match so obtained an accuracy rate of 82,93%.

Keywords: *Aquifer ,Groundwater, NDVI , Vegetation Index*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
I.3.1 Tujuan.....	2
I.3.2 Manfaat.....	2
I.4 Batasan Masalah	3
I.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
I.5.1 Wilayah Penelitian.....	3
I.5.2 Alat Penelitian	4
I.5.3 Data Penelitian.....	4
I.6 Metodologi Penelitian.....	5
I.7 Sistematika Penulisan Laporan	6

BAB II Tinjauan Pustaka.....	8
II.1 Kajian Penelitian Terdahulu	8
II.2 Kajian Wilayah Penelitian	11
II.3 Hidrologi.....	12
II.3.1 Daur hidrologi	12
II.3.2 Air Tanah.....	14
II.3.3 Akuifer.....	14
II.4 Identifikasi Daerah Berpotensi Air Tanah	16
II.4.1 Indeks Vegetasi	16
II.4.2 Kelerengan.....	17
II.4.3 Jenis Tanah	17
II.4.4 Jenis Batuan.....	18
II.4.5 Cekungan Air Tanah (CAT).....	19
II.4.6 Curah Hujan.....	20
II.4.7 Penggunaan Lahan.....	20
II.5 Pengindraan Jauh	21
II.5.1 Citra Landsat 8	22
II.5.2 Uji Akurasi Geometrik	25
II.5.3 Koreksi Radiometrik	26
II.5.4 NDVI	28
II.6 Sistem Informasi Geografis	29
II.6.1 Pengertian SIG (Sistem Informasi Geografis).....	30
II.6.2 Tumpang Tindih (<i>Overlay</i>).....	31
II.7 Validasi	33
BAB III Metodologi Penelitian.....	34
III.1 Data dan Peralatan Penelitian.....	34
III.1.1 Data Penelitian.....	34

III.1.2	Peralatan	34
III.2	Diagram Alir Penelitian	35
III.3	Pengolahan Data.....	36
III.3.1	Parameter NDVI.....	36
III.3.2	Parameter Kelerengan.....	40
III.3.3	Parameter Tekstur Tanah.....	41
III.3.4	Parameter Jenis Batuan.....	43
III.3.5	Parameter Curah Hujan	44
III.3.6	Parameter Penggunaan Lahan	46
III.3.7	Parameter Cekungan Air Tanah (CAT).....	47
III.3.8	Tumpang Tindih (<i>Overlay</i>).....	49
III.3.9	Validasi Lapangan	51
BAB IV	Hasil dan Pembahasan	53
IV.1	Hasil dan Analisis Potensi Akuifer	53
IV.1.1	Parameter Indeks Vegetasi (NDVI).....	53
IV.1.2	Parameter Penggunaan Lahan	57
IV.1.3	Parameter Curah Hujan	58
IV.1.4	Parameter Tekstur Tanah.....	60
IV.1.5	Parameter Jenis Batuan.....	61
IV.1.6	Parameter Kelerengan.....	62
IV.1.7	Hasil Tumpang Tindih Potensi Akuifer	64
IV.2	Hasil dan Analisis Potensi Air Tanah	66
IV.2.1	Parameter Cekungan Air Tanah (CAT).....	66
IV.2.2	Hasil Tumpang Tindih Potensi Air Tanah.....	69
IV.3	Hasil dan Analisis Validasi Lapangan	72
BAB V	Kesimpulan dan Saran	76
V.1	Kesimpulan	76

V.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....		xviii
LAMPIRAN		xxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Peta Administrasi Provinsi Jawa Tengah	4
Gambar II-2 Diagram Alir Penelitian	6
Gambar II-1 Peta Administrasi Provinsi Jawa Tengah	11
Gambar II-2 Daur Hidrologi.....	13
Gambar II-3 Akuifer bebas dan akuifer terkekang	15
Gambar II-4 Satelit LDCM (Landsat 8)	22
Gambar II-5 Sensor OLI (kiri) dan Sensor TIRS (kanan)	23
Gambar II-6 Subsistem-Subsistem SIG.....	31
Gambar III-1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar III-2 Metadata Citra Landsat 8	36
Gambar III-3 Konversi DN ke reflektan	37
Gambar III-4 Proses penentuan titik GCP untuk koreksi geometrik	38
Gambar III-5 Nilai RMS GCP <i>georeferencing</i>	38
Gambar III-6 Sebelum <i>Cropping</i> (kiri) Setelah <i>Cropping</i> (kanan).....	39
Gambar III-7 Sebaran Kerapatan Vegetasi	40
Gambar III-8 Sebaran Kelerengan	41
Gambar III-9 Sebaran Tekstur Tanah.....	42
Gambar III-10 Sebaran Jenis Batuan.....	44
Gambar III-11 Sebaran Curah Hujan	46
Gambar III-12 Sebaran Penggunaan lahan.....	47
Gambar III-13 Sebaran Cekungan Air Tanah	48
Gambar III-14 Sebaran Kualitas Air tanah.....	49
Gambar III-15 Sebaran Potensi Akuifer.....	50
Gambar III-16 Sebaran Potensi Akuifer.....	51
Gambar III-17 Sebaran Titik Sampel Validasi Lapangan	52
Gambar IV-1 Perbandingan hasil kalibrasi radiometrik sebelum (kiri) dan sesudah (kanan)	54
Gambar IV-2 Peta Indeks Vegetasi Kabupaten Kendal.....	56
Gambar IV-3 Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Kendal.....	57
Gambar IV-4 Peta Curah Hujan Kabupaten Kendal.....	59
Gambar IV-5 Peta Tekstur Tanah Kabupaten Kendal	60
Gambar IV-6 Peta Jenis Batuan Kabupaten Kendal	62

Gambar IV-7 Peta Kelerengan Kabupaten Kendal.....	63
Gambar IV-8 Peta Potensi Akuifer Kabupaten Kendal	64
Gambar IV-9 Persentase Luas Potensi Akuifer	65
Gambar IV-10 Peta Sebaran CAT Kabupaten Kendal	67
Gambar IV-11 Peta Kualitas Air Tanah Kabupaten Kendal.....	68
Gambar IV-12 Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Kendal	69
Gambar IV-13 Persentase Luas Potensi Air Tanah	70
Gambar IV-14 Titik Validasi Lapangan	72
Gambar IV-15 Sumur Dengan Potensi Air Tanah Rendah.....	74
Gambar IV-16 Sumur Dengan Potensi Air Tanah Sedang	75
Gambar IV-17 Sumur Dengan Potensi Air Tanah Tinggi	75

DAFTAR TABEL

Tabel I-1 Data Penelitian	4
Tabel II-1 Ringkasan Penelitian Terdahulu.....	8
Tabel II-2 <i>Klasifikasi Penutupan Lahan menurut SNI 7645:2010</i>	21
Tabel II-3 Spesifikasi teknis dari satelit Landsat 8	23
Tabel II-4 Karakteristik Satelit LDCM (Landsat-8).....	24
Tabel III-1 Data Penelitian.....	34
Tabel III-2 Klasifikasi dan Skor NDVI.....	39
Tabel III-3 Kelas kemiringan lereng dan nilai skor kemiringan lereng.	41
Tabel III-4 Klasifikasi Tekstur Tanah.....	43
Tabel III-5 Klasifikasi Jenis Batuan.....	43
Tabel III-6 Stasiun Pengamat Curah Hujan Kabupaten Kendal	44
Tabel III-7 Klasifikasi Curah Hujan	45
Tabel III-8 Klasifikasi Penggunaan Lahan.....	47
Tabel IV-1 ICP Citra Landsat 8 pada 18 September 2015	55
Tabel IV-2 Klasifikasi Indeks Vegetasi.....	56
Tabel IV-3 Klasifikasi Penggunaan Lahan.....	57
Tabel IV-4 Klasifikasi Curah Hujan.....	59
Tabel IV-5 Klasifikasi Tekstur Tanah	61
Tabel IV-6 Klasifikasi Jenis Batuan	61
Tabel IV-7 Hasil Luasan Klasifikasi Kelerengan.....	63
Tabel IV-8 Hasil Luasan Potensi Akuifer	65
Tabel IV-9 Hasil Luasan CAT dan non CAT.....	68
Tabel IV-10 Hasil Luasan Kualitas Air.....	68
Tabel IV-11 Hasil Luasan Potensi Air Tanah	70
Tabel IV-12 Hasil Sebaran Titik Validasi Potensi Air Tanah	73

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I LEMBAR ASISTENSI	L-xxiii
LAMPIRAN II PETA	L-xxiv
LAMPIRAN III HASIL VALIDASI LAPANGAN	L-xxv

BAB I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber kehidupan untuk pemenuhan kebutuhan manusia yang sebagian besar berasal dari air tanah. Penyebaran air di dunia memiliki komposisi 97,31% air asin dan 2,69% air tawar. Air tawar yang bisa digunakan manusia untuk mencukupi kehidupan sehari-hari hanya tersedia sebanyak 22,68% atau 0,61% dari total air yang ada di dunia. Air tawar tersebut merupakan air tanah yang terdapat pada lapisan akuifer. Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, beda potensi kelembaban tanah, dan gaya gravitasi bumi (Asdak, 2010). Potensi air tanah pada setiap daerah memiliki volume yang berbeda-beda. Pengaruh iklim, kondisi geologi, topografi, curah hujan dan kondisi hidrologi kawasan mempengaruhi besar kecilnya potensi air tanah di suatu daerah.

Air tanah mempunyai peranan yang sangat penting untuk mencukupi kebutuhan hidup manusia. Kebutuhan terhadap air selalu mengalami peningkatan berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Air tanah merupakan sumber daya alam terbarukan (*renewal natural resources*) yang saat ini telah memainkan peran penting di dalam penyediaan pasokan kebutuhan air bagi berbagai keperluan, sehingga menyebabkan terjadinya pergeseran nilai terhadap air tanah itu sendiri. Air tanah pada masa lalu merupakan barang bebas (*free goods*) menjadi barang ekonomis (*economic goods*), artinya air tanah diperdagangkan seperti komoditi yang lain, bahkan di beberapa tempat air tanah mempunyai peran yang cukup strategis.

Beberapa tahun terakhir sering terjadi kekurangan pasokan air bersih di Kabupaten Kendal, terutama saat musim kemarau di wilayah tertentu. Peristiwa kekeringan antara lain terjadi pada bulan Agustus tahun 2015 pada 15 desa di 5 kecamatan (Kompas, 2015), bulan september tahun 2014 pada 14 desa di 6 kecamatan (Sindonews, 2014) dan pada bulan September 2017 di 20 desa (Kompas, 2017).

Kabupaten Kendal merupakan satu dari 35 kabupaten/kota yang berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah dengan posisi geografis berkisar antara 109° 40' – 110° 18' BT dan 6°32' – 7°24' LS. Kabupaten Kendal terdiri dari 20 kecamatan dan 285 kelurahan/desa. Secara topografi wilayah Kabupaten Kendal terdiri dari dataran rendah dan dataran tinggi. Variasi topografi yang terdapat di wilayah Kabupaten Kendal juga dapat membuat potensi air tanah di Kabupaten Kendal bervariasi.

Pengidentifikasian potensi air tanah di Kabupaten Kendal perlu dilakukan untuk mengurangi dampak terjadinya kekurangan pasokan air bersih. Hal ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi dalam penanganan masalah langkanya air bersih di Kabupaten Kendal. Penelitian ini dilakukan dengan metode Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis, sehingga upaya identifikasi dilakukan tanpa perlu melakukan kontak langsung dengan objek. Pengindraan Jauh digunakan untuk mendapatkan peta indeks vegetasi dari pengolahan citra landsat 8. Sistem Informasi Geografis dilakukan untuk mendapatkan peta potensi air tanah melalui tumpang tindih dengan metode kuantitatif berjenjang terhadap parameter indeks vegetasi, kelerengan, jenis tanah, curah hujan dan penggunaan lahan sehingga didapat sebaran potensi akuifer serta tumpang tindih sebaran potensi akuifer terhadap parameter cekungan air tanah untuk mendapatkan sebaran potensi air tanah. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam penanganan dampak kelangkaan air tanah di Kabupaten Kendal.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- 1 Bagaimana identifikasi potensi akuifer berbasis Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Kendal ?
- 2 Bagaimana identifikasi potensi air tanah berbasis Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis geografis di Kabupaten Kendal ?
- 3 Bagaimana hasil uji validasi potensi air tanah di Kabupaten Kendal berdasarkan hasil pengolahan dan kondisi di lapangan ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

I.3.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sebaran dan luasan potensi akuifer di Kabupaten Kendal.
2. Mengetahui sebaran dan luasan potensi air tanah di Kabupaten Kendal .
3. Mengetahui hasil validasi potensi air tanah di Kabupaten Kendal berdasarkan hasil pengolahan dan kondisi di lapangan.

I.3.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini terdiri dari 2 aspek yaitu aspek keilmuan dan aspek rekayasa, berikut penjelasannya :

1. Aspek Keilmuan

Segi keilmuan penelitian ini memiliki manfaat untuk memberikan kontribusi dalam ilmu Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam pengidentifikasian potensi air tanah menggunakan data citra landsat 8.

2. Aspek Rekayasa

Hasil penelitian dapat digunakan untuk oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) atau Pemda Kendal terkait sebagai bahan pertimbangan dalam mengatasi kelangkaan air tanah.

I.4 Batasan Masalah

Untuk menjelaskan permasalahan yang akan dibahas agar tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Menggunakan data citra Landsat 8 level L1 pada *path* 121 dan *row* 65 tanggal 18 september 2015.
2. Metode yang digunakan untuk memperoleh indeks vegetasi dari pengolahan citra Landsat 8 yaitu menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).
3. Identifikasi potensi air tanah dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif berjenjang dari beberapa parameter yaitu : indeks vegetasi, kelerengan tanah, jenis batuan, tekstur tanah, curah hujan dan tata guna lahan, serta dilakukan tumpang tindih terhadap peta cekungan air tanah di Kabupaten Kendal.
4. Validasi hasil pengolahan dalam penelitian ini didasarkan dari kondisi di lapangan dan penyebaran kuisioner kepada penduduk setempat.
5. Identifikasi potensi air tanah didasarkan pada daerah cekungan air tanah dan memenuhi standar kualitas air tanah berdasarkan Kepmenkes No. 907/MENKES/SK/VII/2010.
6. Indentifikasi potensi air tanah pada penelitian ini dilakukan pada akuifer tak tertekan.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

I.5.1 Wilayah Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kendal dengan koordinat 109°40' - 110°18' Bujur Timur dan 6°32' - 7°24' Lintang Selatan. Berikut merupakan peta daerah penelitian Gambar I-1.



Gambar I-1 Peta Administrasi Provinsi Jawa Tengah (Bappeda Kendal, 2010)

I.5.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat keras
 - a. Laptop untuk melakukan proses pengolahan data dan pembuatan tugas akhir
 - b. GPS untuk mengambil koordinat validasi data di lapangan
2. Perangkat Lunak
 - a. Envi Classic 5.1 untuk pengolahan indeks vegetasi
 - b. ArcGis 10.1 untuk pengolahan proses pemetaan potensi air tanah dan *layout* peta
 - c. Microsoft Office 2016 untuk pembuatan laporan dan presetasi
 - d. Microsoft Office Visio 2010 untuk pembuatan diagram alir

I.5.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dirangkum dalam tabel I.1 berikut

Tabel I-1 Data Penelitian

No	Data	Sumber Data
1	Citra Satelit <i>Landsat</i> 8 level L1 pada <i>path</i> 121 dan <i>row</i> 65 akuisisi 18 September 2015	http://earthexplorer.usgs.gov
2	DEM TerraSAR X Jawa Tengah tahun 2015	BIG

Tabel I-1 Data Penelitian (Lanjutan)

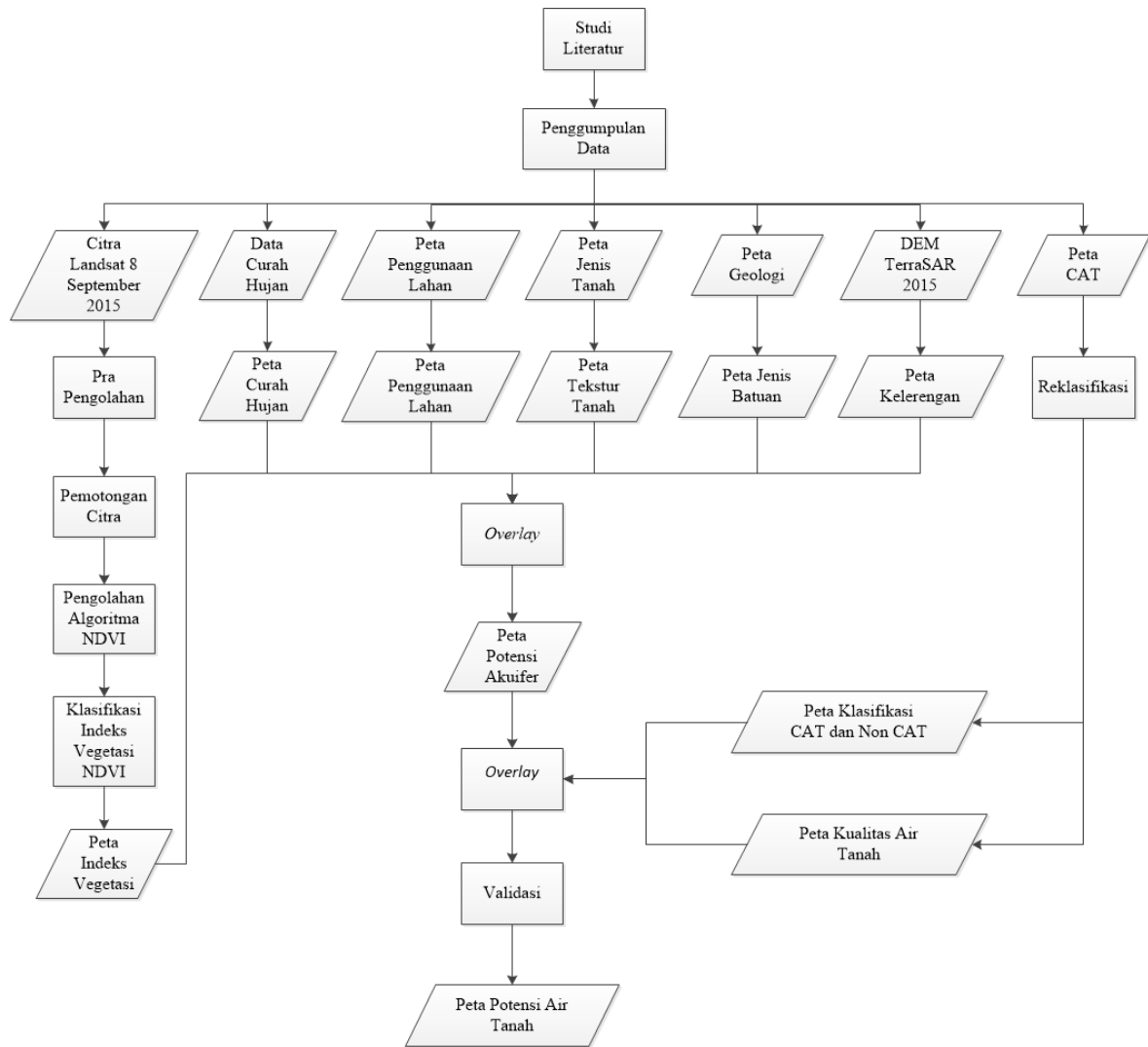
No	Data	Sumber Data
3	Peta Geologi Jawa	ESDM Provinsi Jawa Tengah
4	Peta Cekungan Air Tanah Subah, Kendal, Semarang-Demak, dan Ungaran	ESDM Provinsi Jawa Tengah
5	Curah Hujan Kabupaten Kendal tahun 2015	BMKG Provinsi Jawa Tengah
6	Peta Jenis Tanah Kabupaten Kendal	Bappeda Kabupaten Kendal
7	Peta Tutupan Lahan Kabupaten Kendal tahun 2015	Bappeda Kabupaten Kendal

I.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian tentang identifikasi potensi mata air menggunakan citra landsat 8 berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra landsat 8 bulan september 2015, DEM TerraSAR X, peta geologi Kabupaten Kendal, peta jenis tanah, peta cekungan air tanah se-Kabupaten Kendal, peta penggunaan lahan dan data curah hujan Kabupaten Kendal.

Pengolahan data dilakukan dengan metode Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Pengolahan citra landsat 8 dilakukan dengan metode Penginderaan Jauh untuk memperoleh indeks vegetasi menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Pengolahan data citra landsat 8 dilakukan menggunakan *software* ENVI.. Data berupa DEM TerraSAR X, peta geologi Kabupaten Kendal, peta cekungan air tanah Kabupaten Kendal, peta penggunaan lahan dan data curah hujan Kabupaten Kendal dilakukan pengolahan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis. Pengolahan data tersebut menggunakan *software* ArcGIS. Hasil dari pengolahan data secara Sistem Informasi Geografis ini berupa gambaran potensi akuifer.

Data dari pengolahan secara Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis kemudian di *overlay* menggunakan metode kuantitatif berjenjang hingga menghasilkan peta potensi air tanah di Kabupaten Kendal. Dari hasil tersebut dapat diketahui sebaran dan luasan potensi air tanah di Kabupaten Kendal. Metodologi penelitian ini dirangkum dalam diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar I-2.



Gambar I-2 Diagram Alir Penelitian

I.7 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dari struktur laporan agar lebih jelas dan terarah. Adapun sistematikanya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai tinjauan pustaka yang terkait dengan penelitian yang dikaji, yaitu terbagi menjadi beberapa subbab diantaranya sebagai berikut : kajian penelitian

terdahulu, kajian wilayah penelitian, hidrologi, identifikasi daerah berpotensi air tanah, Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai data dan peralatan penelitian, diagram alir penelitian, dan pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil dan pembahasan terkait parameter yang digunakan dalam penelitian, potensi akuifer, potensi air tanah dan validasi lapangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi penarikan kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan serta memberikan saran sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan penelitian lebih lanjut.

BAB II Tinjauan Pustaka

II.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Beberapa kajian tentang penerapan metode identifikasi potensi mata air dengan menggunakan teknik Pengindraan Jauh dan sistem informasi geografi telah dilakukan sebelumnya sebagai referensi pada penelitian ini. Ringkasan kajian tersebut disajikan pada Tabel II-1.

Tabel II-1 Ringkasan Penelitian Terdahulu.

No	Judul	Penulis	Metode
1.	Pemanfaatan Citra Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Mata air Di Kabupaten Sleman	Sari.P.M, dan Sudaryatno, 2013	Teknik Pengindraan Jauh menggunakan ASTER VNIR dan ASTER GDEM. Penajaman citra metode HSV dilakukan dengan mentransformasikan suatu citra dalam ruang Merah-Hijau-Biru (RGB) menjadi citra dalam ruang warna <i>Hue-Saturation-Value</i> (HSV) dengan menggunakan teknik <i>nearest neighbour</i> (tetangga terdekat). Kemudian di korelasikan dengan data curah hujan dan peta satuan lahan.
2.	Penggunaan Citra Landsat 7 ETM Untuk Menduga Keberadaan Air Tanah. (Studi Kasus Pemboran Sumur P2AT di Wilayah Kabupaten Madiun)	Wedehanto. S, 2004	Metode yang digunakan yaitu dengan mengklasifikasikan nilai spektral beberapa saluran sekaligus dan menggunakan data pembantu berupa peta geologi, peta hidrogeologi, peta curah hujan dan peta penutupan lahan yang kemudian ditampalkan dan menjadi peta daerah potensi akuifer.

Tabel II-1 Ringkasan Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Metode
3.	Pengindraan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Untuk Pemetaan Potensi Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai Blongkeng	Sari.D.N, 2014	Metode Pengindraan Jauh yang digunakan berupa algoritma <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI). Ditambah data pendukung berupa data curah hujan, data kelerengan, data batas DAS, data geomorfologi dan peta RBI digital yang diolah secara SIG.
4.	Analisa Citra Satelit Landsat 8 Untuk Identifikasi Potensi Mata Air (Studi Kasus :Kabupaten Bojonegoro)	Sukojo.B.M dan Aristiwijaya.B, 2016	Metode Pengindraan Jauh yang digunakan berupa algoritma <i>Soil Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI) yang mengklasifikasikan kerapatan vegetasi menjadi 3 bagian kelas. Dilakukan analisa morfologi dan geologi secara SIG. Dari data tersebut kemudian ditampilkan dan menjadi peta potensi mata air.

Putri Malia Sari dan Sudaryatno dalam penelitiannya yang berjudul Pemanfaatan Citra Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Mata air Di Kabupaten Sleman menjelaskan bahwa mata air dapat diidentifikasi dari pendekatan bentang lahan terpilih menggunakan parameter fisik lahan berupa lereng, pola aliran, penggunaan lahan, bentuk lahan, dan pola kelurusan. Citra ASTER VNIR resolusi 15 meter hasil penajaman HSV digunakan untuk mempertajam kontras obyek. Analisis *hillshade* ASTER GDEM resolusi 30 meter digunakan untuk interpretasi morfologi. Teknik Pengindraan Jauh menggunakan ASTER VNIR dan ASTER GDEM mampu digunakan untuk melakukan identifikasi lokasi pemunculan mata air. Sistem Informasi Geografis terbukti dapat digunakan untuk analisis spasial serta memetakan lokasi sebaran mata air di Kabupaten Sleman.

Sonny Wedehanto dalam penelitiannya yang berjudul Penggunaan Citra Landsat 7 ETM Untuk Menduga Keberadaan Air Tanah. (Studi Kasus Pemboran Sumur P2AT di Wilayah Kabupaten Madiun) menyimpulkan bahwa pendugaan potensi mata air berdasarkan dugaan letak akuifer dari survei geologi dan survei geolistrik memiliki hasil yang kurang memuaskan. Debit air yang diperoleh dari uji pompa seringkali tidak sesuai dengan informasi yang ada dalam peta hidrogeologi. Penggunaan citra Landsat 7 ETM yang dioverlay dengan peta geologi dan peta hidrogeologi dapat dilakukan untuk menduga keberadaan air lebih baik.

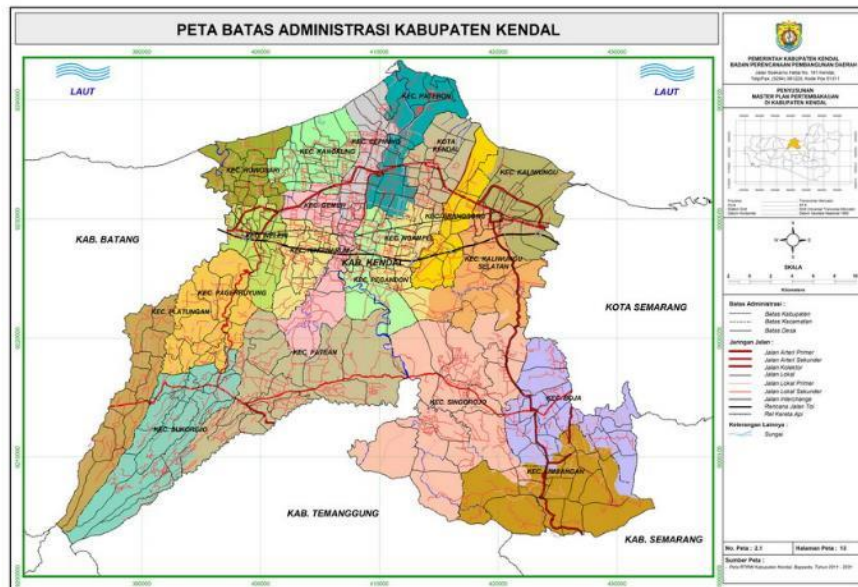
Dewi Novita Sari dalam penelitiannya yang berjudul Pengindraan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Untuk Pemetaan Potensi Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai Blongkeng menyimpulkan bahwa pendugaan ketersediaan air dapat dilakukan dengan menggunakan data citra landsat 8, data curah hujan, data kemiringan lereng, peta geomorfologi, peta DAS dan peta RBI. Metode penelitian yang digunakan yaitu analisis kuantitatif berjenjang dengan menumpang tindihkan beberapa parameter yang berpengaruh terhadap potensi ketersediaan air dan metode manual digunakan untuk melakukan pengkelasan hasil skoring yang didapat.

Bangun Muljo Sukojo dan Bayu Aristiwijaya dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Citra Satelit Landsat 8 Untuk Identifikasi Potensi Mata Air (Studi Kasus :Kabupaten Bojonegoro) menyimpulkan bahwa identifikasi potensi mata air dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan kerapatan vegetasi dari hasil pengolahan citra landasat 8 yang disertai data pendukung berupa jaringan sungai dan tutupan lahan serta hipsografi yang divalidasi menggunakan peta geologi dan hidrogeologi. Meskipun kerapatan vegetasi masih cukup konsisten untuk digunakan sebagai parameter identifikasi munculnya mata air namun harus serta didukung oleh banyak data sekunder.

Penelitian yang dilakukan merupakan pembaruan parameter-parameter untuk mengidentifikasi potensi air tanah dengan mengidentifikasi berupa citra landasat 8, DEM TerraSAR X, peta geologi, peta cekungan air tanah (CAT), peta jenis tanah, data curah hujan dan peta penggunaan lahan. Pengolahan data-data tersebut dilakukan dengan menggunakan metode Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Algoritma NDVI digunakan dalam pengidentifikasian indeks vegetasi. Metode kuantitatif berjenjang digunakan untuk melakukan tumpang tindih atau *overlay* terhadap parameter-parameter yang digunakan.

II.2 Kajian Wilayah Penelitian

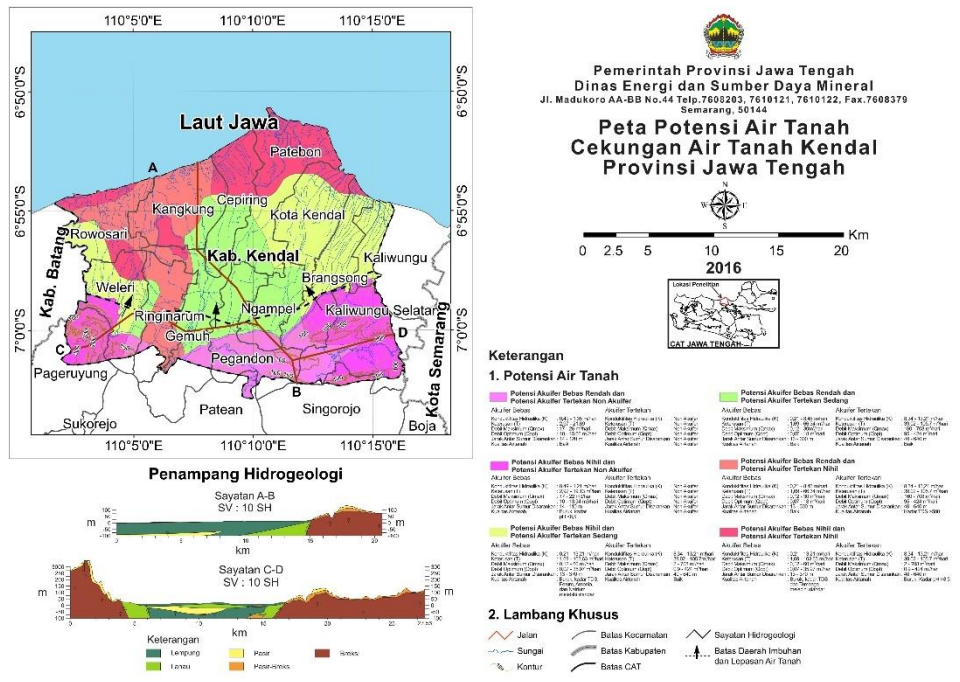
Lokasi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kendal dengan koordinat $109^{\circ}40'$ - $110^{\circ}18'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}32'$ - $7^{\circ}24'$ Lintang Selatan. Daerah penelitian digambarkan pada Gambar II-1



Gambar II-1 Peta Administrasi Provinsi Jawa Tengah (Bappeda Kendal, 2010)

Kabupaten Kendal merupakan satu dari 35 kabupaten/kota yang berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah dengan posisi geografis berkisar antara $109^{\circ}40'$ – $110^{\circ}18'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}32'$ – $7^{\circ}24'$ Lintang Selatan. Wilayah Kabupaten Kendal di sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa. Sebelah timur berbatasan dengan Kota Semarang, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Temanggung, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Batang. Topografi Kabupaten Kendal terbagi dalam tiga jenis yaitu daerah pegunungan yang terletak di bagian paling selatan, dataran di bagian tengah dan pantai di bagian utara dengan ketinggian antara 0 sampai dengan 2.579 mdpl.

Selama Tahun 2014 di 5(lima) wilayah pencatatan Kabupaten Kendal dapat dilihat bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan januari di Kecamatan Kota Kendal yaitu sekitar 1.109 mm. Curah Hujan terendah terjadi pada bulan september sekitar 0 mm untuk Kecamatan Kendal dan Boja. Jumlah curah hujan pada tahun 2014 lebih rendah dibandingkan tahun 2013. Untuk tahun 2014 berkisar 2.664 mm sedangkan untuk tahun 2013 berkisar 2.704 mm (Pemkab Kendal, 2017).



Gambar II-2 Peta Cekungan Air Tanah Kendal (ESDM Jawa Tengan, 2017)

Berdasarkan pada peta cekungan air tanah, wilayah Kabupaten Kendal terdiri dari daerah bercekungan air tanah dan daerah non cekungan air tanah. Daerah cekungan air tanah terdiri dari daerah dengan tingkat akuifer dangkal nihil, rendah hingga sedang. Akuifer nihil terletak di wilayah utara Kabupaten Kendal. Akuifer rendah terletak hampir di seluruh wilayah Kabupaten Kendal. Akuifer sedang terletak di bagian barat Kabupaten Kendal.

II.3 Hidrologi

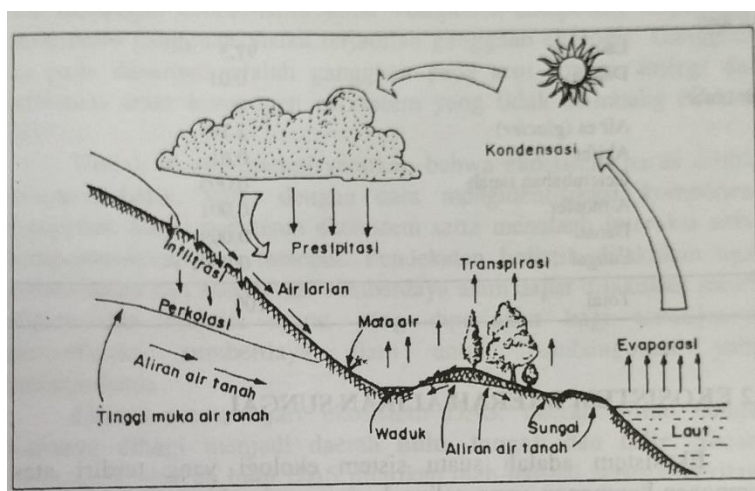
Hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air yang ada di bumi yaitu mengenai kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat fisika dan kimia serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungan dengan kehidupan (Linsley,RK., 1996). Ilmu hidrologi mencakup semua ilmu yang mempelajari tentang air di bumi baik air di permukaan bumi maupun air di dalam permukaan bumi.

II.3.1 Daur hidrologi

Daur hidrologi merupakan perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Dalam daur hidrologi, energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar,

dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan. (C.Asdask, 2010)

Air hujan yang turun akan mencapai permukaan tanah air, sebelum itu air hujan tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan tajuk/daun selama proses pembasahan tajuk, dan sebagian lainnya akan jatuh ke atas permukaan tanah melalui sela-sela daun atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon. Sebagian air hujan tidak akan pernah sampai di permukaan tanah, melainkan ter-evaporasi kembali ke atmosfer selama dan setelah berlangsungnya hujan.



Gambar II-3 Daur Hidrologi (C.Asdask, 2010)

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk ke tanah. Sedangkan air hujan yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah, untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Apabila tingkat kelembaban air tanah sudah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (horizontal) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang masuk ke tanah tersebut akan bergerak vertikal ke tanah lebih dalam dan akan menjadi air tanah. Air tanah tersebut pada musim kemarau akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau atau tempat penampungan air alamiah lainnya. Tidak semua air infiltrasi mengalir ke sungai atau tampungan air lainnya, melainkan ada sebagian air infiltrasi tetap tinggal di lapisan tanah bagian atas untuk kemudian diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah dan melalui tajuk vegetasi. (C.Asdask, 2010)

II.3.2 Air Tanah

Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, beda potensi kelembaban tanah, dan gaya gravitasi bumi. Air bawah permukaan tersebut biasa dikenal dengan air tanah (Asdak, 2010). Secara global, dari keseluruhan air tawar yang ada di bumi lebih dari 97% merupakan air tanah. Air tanah dapat dijumpai hampir di seluruh tempat di bumi tak terkecuali di gurun maupun di kutub. Ketergantungan aktivitas manusia terhadap air tanah semakin meningkat seiring dengan semakin berkembangnya kebutuhan akan air tanah di berbagai sektor (agro dan non-agro).

Air tanah dan air permukaan memiliki pengaruh yang erat serta keduanya mengalami proses pertukaran yang berlangsung terus menerus. Selama musim kemarau, kebanyakan air sungai masih mengalirkan air. Air sungai tersebut berasal dari dalam tanah, terutama dari daerah hulu sungai yang umumnya merupakan daerah resapan yang didominasi wilayah bervegetasi dan letaknya lebih tinggi.

Air tanah dapat melakukan pengisian kembali pada kurun waktu tertentu. Pengisian kembali pada air tanah didefinisikan sebagai masuknya air permukaan ke dalam penyimpanan air (*groundwater storage*). Pengisian kembali air tanah secara alami melalui proses presipitasi atau infiltrasi air permukaan yang dilanjutkan proses perkolasi.

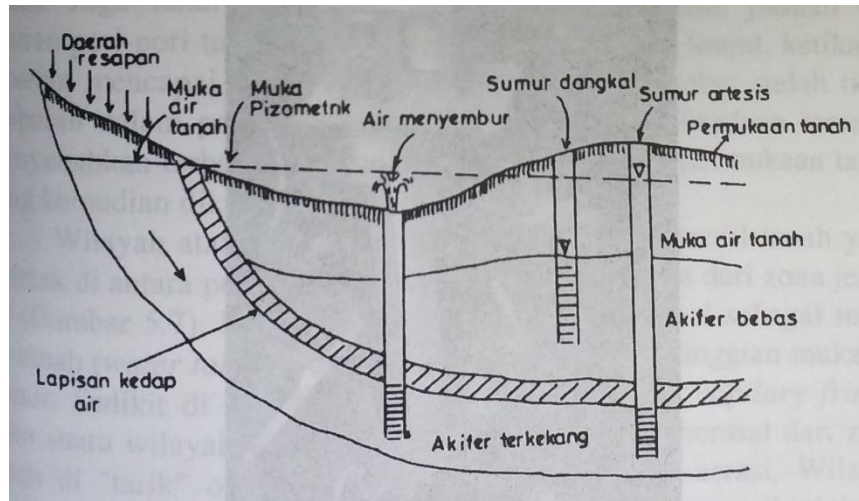
Pembentukan air tanah dapat dipelajari dengan memahami formasi geologi dan karakteristiknya. Formasi geologi adalah formasi batuan atau material batuan yang berfungsi menyimpan air tanah dalam jumlah yang cukup besar. Proses pembentukan air tanah pada formasi geologi dikenal adanya akuifer.

Keberadaannya di alam sangat tergantung dari ada tidaknya batuan yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang berarti atau dalam hal ini disebut sebagai akuifer secara alami tidak semua batuan dapat bertindak sebagai akuifer mengingat akan sangat bergantung pada ruang antar butiran (pori-pori batuan) dan permeabilitasnya.

II.3.3 Akuifer

Akuifer adalah lapisan tanah yang memiliki kandungan air yang mengalir melalui rongga-rongga udara ke dalam bawah tanah (Herlambang, 1996). Akuifer merupakan formasi geologi yang jenuh sehingga dapat dijadikan pemasok air dalam jumlah yang ekonomis (jumlahnya cukup untuk suatu keperluan seperti domestik, pertanian, peternakan, industri dan lainnya). Oleh sebab itu, formasi ini harus mampu menyimpan dan melewatkan

air serta merupakan suatu unit geologi yang jenuh dan mampu memasok air kepada sumur atau mata air sehingga dapat digunakan sebagai sumber air.



Gambar II-4 Akuifer bebas dan akuifer terkekang (C.Asdask, 2010)

Menurut Kodoatie (2012), jenis akuifer terdiri dari tiga jenis, yaitu:

1. Akuifer bebas atau akuifer tidak tertekan (*Unconfined Aquifer*)

Akuifer bebas atau akuifer tak tertekan adalah air tanah dalam akuifer tertutup lapisan impermeable, dan merupakan akuifer yang mempunyai muka air tanah. Unconfined Aquifer adalah akuifer jenuh air (*saturated*). Lapisan pembatasnya yang merupakan aquitard, hanya pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas aquitard di lapisan atasnya, batas di lapisan atas berupa muka air tanah. Permukaan air tanah di sumur dan air tanah bebas adalah permukaan air bebas, jadi permukaan air tanah bebas adalah batas antara zone yang jenuh dengan air tanah dan zone yang aerasi (tak jenuh) di atas zone yang jenuh.

2. Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*)

Akuifer tertekan adalah suatu akuifer dimana air tanah terletak di bawah lapisan kedap air (*impermeable*) dan mempunyai tekanan lebih besar daripada tekanan atmosfer. Air yang mengalir (*no flux*) pada lapisan pembatasnya, karena *confined aquifer* merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas dan bawahnya.

3. Akuifer semi tertekan (*Leaky Aquifer*)

Akuifer semi tertekan adalah akuifer yang memiliki air yang jenuh dan dibatasi oleh lapisan atas berupa akuitard dan lapisan bawah yang merupakan akuiklud. Jenis akuifer ini merupakan jenis akuifer yang sempurna karena pada lapisan atas dibatasi

oleh lapisan semi-lolos air dan lapisan bagian bawah adalah lapisan lolos air atau semi-lolos air.

II.4 Identifikasi Daerah Berpotensi Air Tanah

Daerah/wilayah potensi air tanah adalah daerah/wilayah yang menggambarkan tingkat potensi air tanah yang berdasarkan pada kriteria kualitas dan kuantitas air tanah. (SNI 13-7121-2005). Penyelidikan daerah berpotensi air tanah dilakukan untuk mengetahui potensi air tanah suatu daerah. Penyelidikan daerah berpotensi air tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara. Menurut Bisri (2012) berdasarkan lokasi yang digunakan, penyelidikan daerah potensi air tanah dibagi menjadi 2 (Bisri, 2012) :

1. Penyelidikan di permukaan

Penyelidikan di permukaan dibagi menjadi 2 yaitu secara langsung (metode Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis) dan secara tidak langsung (metode geolistrik, seismik dan magnetik).

2. Penyelidikan di bawah permukaan

Penyelidikan di bawah permukaan dibagi menjadi 2 yaitu pemboran eksplorasi dan *logging* geofisika.

II.4.1 Indeks Vegetasi

Indeks Vegetasi merupakan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi Klorofil dan sebagainya (Danoedoro, 2012). Secara praktis, indeks vegetasi merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi.

NDVI merupakan kombinasi antara teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra. Indeks ini sederhana dan mempunyai nilai range yang dinamis dan sensitif yang paling bagus terhadap perubahan tutupan vegetasi. Saluran yang digunakan dalam transformasi ini adalah saluran merah dan inframerah. Kedua saluran ini dipilih karena memiliki kepekaan yang berbeda terhadap vegetasi.

Hasil dari NDVI berkisar antara -1 sampai +1. Nilai -1 mengindikasikan bahwa pada saluran merah memiliki nilai pantulan maksimum dan pada saluran inframerah dekat memiliki pantulan minimum. Hal ini menunjukkan daerah non vegetasi. Begitupun sebaliknya, nilai +1 menunjukkan terjadi pantulan maksimum pada saluran inframerah dekat

dan pantulan minimum pada saluran merah, sehingga menunjukka area bervegetasi kerapatan tinggi.

II.4.2 Kelerengan

Lereng adalah kenampakan permukaan alam disebabkan adanya beda tinggi apabila beda tinggi dua tempat tersebut di bandingkan dengan jarak lurus mendatar sehingga akan diperoleh besarnya kelerengan. Bentuk lereng bergantung pada proses erosi juga gerakan tanah dan pelapukan.

Lereng merupakan parameter topografi yang terbagi dalam dua bagian yaitu kemiringan lereng dan beda tinggi relatif, dimana kedua bagian tersebut besar pengaruhnya terhadap penilaian suatu lahan kritis. Bila suatu lahan yang lahan dapat merusak lahan secara fisik, kimia dan biologi, sehingga akan membahayakan hidrologi produksi pertanian dan pemukiman.

Kelerengan dapat diperoleh dari data kontur atau DEM. Kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama. Kontur ini dapat memberikan informasi relief, baik secara relatif, maupun secara absolute. Informasi relief secara relatif ini, diperlihatkan dengan menggambarkan garis-garis kontur secara rapat untuk daerah terjal, sedangkan untuk daerah yang landai dapat di perlihatkan dengan menggambarkan garis-garis tersebut secara renggang. Garis kontur dapat dibentuk dengan membuat proyeksi tegak garis-garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi ke bidang mendatar peta. Karena peta umumnya dibuat dengan skala tertentu, maka untuk garis kontur ini juga akan mengalami pengecilan sesuai skala peta. *Digital Elevation Model* (DEM) merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. Dilihat dari distribusi titik yang mewakili bentuk permukaan bumi dapat dibedakan dalam bentuk teratur, semi teratur, dan acak. DEM terbentuk dari titik-titik yang memiliki nilai koordinat 3D (X, Y, Z).

II.4.3 Jenis Tanah

Tanah merupakan akumulasi alam bebas yang menduduki sebagian planet bumi yang mampu menumbuhkan tumbuhan dan memiliki sifat sebagai akibat pengaruh iklim dan jasad hidup yang bertindak terhadap bahan induknya dalam keadaan relief tertentu selama jangka waktu tertentu.(Darmawijaya, 1990).

Struktur tanah merupakan karakteristik fisik tanah yang terbentuk dari komposisi antara agregat (butir) tanah dan ruang antaragregat. Tanah tersusun dari tiga fase: fase padatan, fase cair, dan fase gas. Fasa cair dan gas mengisi ruang antaragregat. Struktur tanah

tergantung dari imbalan ketiga faktor penyusun ini. Ruang antaragregat disebut sebagai porus (jamak pori). Struktur tanah baik bagi perakaran apabila pori berukuran besar (makropori) terisi udara dan pori berukuran kecil (mikropori) terisi air. Menurut Sugiharyanto dan Khotimah, N (2009), klasifikasi jenis-jenis tanah yang sering digunakan untuk mengelompokkan tanah di Indonesia :

1. Tanah aluvial adalah tanah yang dibentuk dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah yang memiliki sifat tanah yang subur dan cocok untuk lahan pertanian.
2. Tanah andosol adalah tanah yang berasal dari abu gunung api. Vegetasi yang tumbuh di tanah andosol adalah hutan hujan tropis, bambu, dan rumput.
3. Tanah regosol adalah tanah berbutir kasar dan berasal dari material gunung api. Material jenis tanah ini berupa tanah regosol, abu vulkan, napal, dan pasir vulkan. Tanah regosol sangat cocok ditanami padi, tebu, palawija, tembakau, dan sayuran.
4. Tanah argosol atau tanah gambut adalah tanah yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan rawa yang mengalami pembusukan jenis tanah ini berwarna hitam hingga cokelat. Tanaman yang dapat tumbuh di tanah argosol adalah karet, nanas, palawija, dan padi.
5. Tanah grumusol atau margalith adalah tanah yang terbentuk dari material halus berlempung. Tanaman yang tumbuh di tanah grumusol adalah padi, jagung, kedelai, tebu, kapas, tembakau, dan jati.
6. Tanah latosol yaitu tanah yang banyak mengandung zat besi dan aluminium. Tanah ini sudah sangat tua, sehingga kesuburannya rendah. Warna tanahnya merah hingga kuning, sehingga sering disebut tanah merah. Tumbuhan yang dapat hidup di tanah latosol adalah padi, palawija, sayuran, buah-buahan, karet, sisal, cengkih, kakao, kopi, dan kelapa sawit.
7. Tanah litosol adalah tanah berbatu-batu. Bahan pembentuknya berasal dari batuan keras yang belum mengalami pelapukan secara sempurna. Jenis tanah ini juga disebut tanah azonal. Tanaman yang dapat tumbuh di tanah litosol adalah rumput ternak, palawija, dan tanaman keras.

II.4.4 Jenis Batuan

Menurut Taboah (1967) batuan adalah material yang membentuk kulit bumi termasuk fluida yang berada didalamnya (seperti air, minyak dan lain-lain). Terdapat tiga kelompok batuan yang terdapat di kulit bumi yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Berikut penjelasannya:

1. Batuan beku

Batuan beku berasal dari material yang berasal dari bawah permukaan bumi dan membeku di permukaan atau dekat permukaan. Batuan beku terbentuk dari pembekuan magma atau dari rekristalisasi dari batuan lama oleh panas dan tekanan dan tekanan yang sangat tinggi sehingga menjadi cair dan kemudian membeku kembali, contohnya yaitu granit, basalt, dan lain-lain.

2. Batuan sedimen

Batuan sedimen merupakan batuan yang dihasilkan dari pengendapan sisa-sisa tumbuh-tumbuhan dan binatang, dan dari material-material yang terbentuk oleh pembusukan secara fisik maupun kimia dari batuan-batuan asalnya. Batuan sedimen terbentuk dari pecahan batuan yang lebih tua, fragmen-fragmen telah dipisah-pisahkan oleh air atau angin dan terbentuk ke dalam endapan sedimen, contohnya berupa serpih, batu pasir, batu gamping.

3. Batuan metamorf

Batuan metamorf berasal dari batuan beku baru atau batuan sedimen melalui transformasi (perubahan) yang diakibatkan oleh proses panas atau tekanan tinggi, atau akibat lain yang berlangsung secara kimia maupun fisik, sehingga terbentuk batuan dengan karakteristik yang baru. Batuan metamorf terbentuk dari metamorfosa dari batuan beku dan sedimen. Selama proses perubahan, batuan ini mengalami perubahan-perubahan tekstural dan mineralogi, atau keduanya, sehingga sifat utamanya berubah atau bahkan hilang, contohnya berupa *schist*, *gneiss*, *slate*, *phyllite* dan *marble*.

II.4.5 Cekungan Air Tanah (CAT)

Cekungan air tanah adalah suatu daerah cukup luas, tersusun satu atau lebih akuifer yang mempunyai karakteristik hampir sama. Cekungan air tanah dapat terjadi pada daerah antar pegunungan, kipas aluvial ataupun daerah antar lembah (Bisri M., 2012)

Cekungan air tanah dapat digambarkan sebagai suatu waduk bawah tanah alamiah, sehingga pengambilan air melalui sumur disuatu tempat akan mempengaruhi banyaknya air yang tersedia di tempat lain dalam wilayah cekungan yang sama. Jika dibandingkan dengan mineral lain seperti minyak, gas, atau emas, maka air tanah mempunyai ciri khas sebagai sumber alam yang terbaharui (*renewable resource*). Produksi air akan terus berlanjut sepanjang waktu, apabila ada keseimbangan antara air yang mengimbun ke dalam cekungan dengan air yang dipompa dari dalam cekungan melalui sumur. Waduk bawah tanah dapat

berfungsi secara menguntungkan dan lestari dengan memperhitungkan pengisian serta pengeluaran dari cekungan.

Cekungan yang terdapat pada daerah kaki gunung vulkanis dan dataran aluvial terutama dari bahan rombakan ulkanis mempunyai potensi penyimpanan air tanah yang cukup besar. Pada daerah batu gamping dapat terbentuk akuifer dengan potensi yang besar berbentuk sungai bawah tanah, tetapi pada daerah tertentu tidak menghasilkan air tanah.

II.4.6 Curah Hujan

Curah hujan direkam setiap hari, digunakan sebagai masukan yang dihitung berdasarkan curah hujan dengan beberapa metode, sesuai dengan keperluan dan kepentingan dari data keluaran yang akan dihasilkan. Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Jadi, jumlah curah hujan yang diukur, sebenarnya adalah tebalnya atau tingginya permukaan air hujan yang menutupi suatu daerah luasan di permukaan bumi/tanah. Satuan curah hujan yang umumnya dipakai oleh BMKG adalah milimeter (mm). Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 (satu) milimeter atau tertampung air sebanyak 1 (satu) liter atau 1000 ml.

Curah hujan menjadi sangat penting dalam penelitian ini karena merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan kondisi permukaan dalam sudut pandang sumberdaya air. Hujan merupakan suatu masukan (*input*) yang akan diproses oleh permukaan lahan untuk menghasilkan suatu keluaran (Raharjo, 2010).

II.4.7 Penggunaan Lahan

Lahan merupakan material dasar dari suatu lingkungan (situs) yang diartikan berkaitan dengan sejumlah karakteristik alami yaitu iklim, geologi, tanah, topografi, hidrolog, dan biologi (Delarizka,A., 2016). Sedangkan tutupan lahan dikatakan memiliki nilai kedekatan dengan kenampakan objek-objek, baik yang natural maupun hasil rekayasa manusia, di permukaan bumi.

Penggunaan lahan berperan dalam menampung air ataupun melimpaskanya. Daerah yang ditumbuhi banyak pepohonan akan membantu dalam penyerapan air sehingga air akan mudah ditampung dan limpasan air akan kecil sekali terjadi. Hal ini disebabkan besarnya kapasitas serapan air oleh pepohonan dan lambatnya air limpasan mengalir akibat tertahan oleh akar dan batang pohon.

Badan Standardisasi Nasional menerbitkan SNI nomor 7645:2010 tentang Klasifikasi Penutup Lahan dan SNI Nomor SNI 19-6728.3-2010 yang menyusun klasifikasi penggunaan lahan. Penggunaan lahan di Indonesia dikelompokkan dalam 3 kriteria yakni: (1) jenis penggunaan (2) Status penguasaan yang mengacu kepada UU Pokok Agraria No.5 Tahun 1960, dan (3) Pola ruang mengacu kepada Kepres No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Penjelasan klasifikasi penutupan lahan menurut SNI 7645:2010 terdapat pada Tabel II-3.

Tabel II-2 Klasifikasi Penutupan Lahan menurut SNI 7645:2010 (Badan Standarisasi Nasional, 2010)

No	Daerah Bervegetasi	Daerah Tidak Bervegetasi
1	Daerah pertanian:sawah irigasi, sawah tadah hujan, Sawah lebak, sawah pasang surut, polder perkebunan, Perkebunan campuran, Tanaman Campuran	Lahan terbuka:Lahan terbuka pada kaldera, Lahar dan lava, Hamparan pasir pantai, Beting pantai, Gumuk pasir, Gosong sungai
2	Daerah Bukan Pertanian:Hutan lahan kering, Hutan lahan basah, Belukar, Semak, Sabana, Padang alang-alang, Rumput rawa	Permukiman dan lahan bukan pertanian:Lahan terbangun, Permukiman, Bangunan Industri, Jaringan jalan, Jaringan Jalan kereta api, Jaringan listrik tegangan tinggi, Bandar Udara, domestik/internasional, Lahan tidak terbangun, Pertambangan, Tempat penimbunan sampah/deposit
3		Perairan:Danau, Waduk, Tambak ikan, Tambak garam,Rawa, Sungai, Anjir pelayaran, Saluran irigasi, Terumbu karang, Gosong pantai/dangkalan

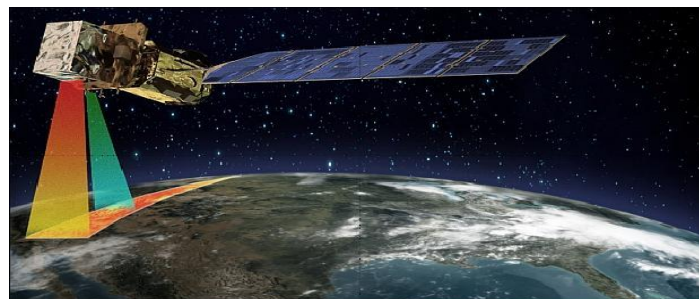
II.5 Pengindraan Jauh

Pengindraan Jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Sensor yang digunakan dalam Pengindraan Jauh adalah sensor jauh, yaitu sensor yang secara fisik berada jauh dari benda atau objek tersebut, untuk itu digunakan sistem pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*).

II.5.1 Citra Landsat 8

Citra satelit Landsat merupakan salah satu citra satelit Penginderaan Jauh yang menampilkan gambaran wilayah yang cukup luas dan sistem pengolahan datanya cukup mudah dipahami oleh berbagai pengguna data, sehingga perkembangan Landsat selalu diikuti oleh para pengolah dan pengguna data untuk mempertahankan kontinuitas data serta informasi yang ada di dalamnya. Adanya satelit LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*) yang merupakan kelanjutan satelit Landsat 7 ETM+ (Dianovita, 2013).

Seperti diketahui satelit Landsat 4 dan 5 membawa sensor-sensor pencitra yang dinamakan *Thematic Mapper* (TM), yang mengumpulkan data multispektral 7 kanal : 3 kanal tampak (merah, hijau, biru), 3 kanal inframerah dan 1 kanal inframerah termal. Satelit Landsat terbaru yaitu Landsat-7, yang diluncurkan pada tanggal 15 April 1999, membawa sebuah sensor yang diupgrade dinamakan *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), dikembangkan dengan kemampuan spektral dan spasial yang mendekati identik dengan *Thematic Mapper* (TM). Satelit Landsat-7 tidak dapat lagi berfungsi dengan baik secara ekstrim semenjak bulan Mei 2003, karena terjadi suatu kerusakan pada *Scan Line Corrector*-nya, sehingga kehilangan data sebesar 24 persen sepanjang sisi-sisi luar dari masing-masing citra (Sitanggang, 2010).



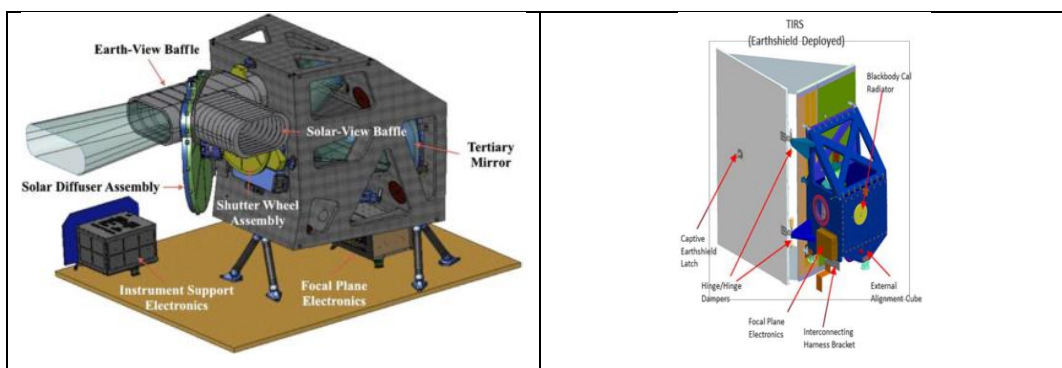
Gambar II-5 Satelit LDCM (Landsat 8) (NASA, 2013)

Seperti dipublikasikan oleh USGS, satelit landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area *scan* seluas 170 km x 183 km (mirip dengan landsat versi sebelumnya). NASA sendiri menargetkan satelit landsat versi terbarunya ini mengemban misi selama 5 tahun beroperasi (sensor OLI dirancang 5 tahun dan sensor TIRS 3 tahun). Tidak menutup kemungkinan umur produktif landsat 8 dapat lebih panjang dari umur yang dicanangkan sebagaimana terjadi pada landsat 5 (TM) yang awalnya ditargetkan hanya beroperasi 3 tahun namun ternyata sampai tahun 2012 masih bisa berfungsi (USGS, 2013).

Tabel II-3 Spesifikasi teknis dari satelit Landsat 8 (USGS, 2013)

Jenis orbit	Mendekati lingkaran sinkron matahari
Ketinggian satelit	705 km
Inklinasi	98,2°
Periode	99 menit
Resolusi temporal (waktu liput ulang)	14 hari
Waktu melintasi Garis katulistiwa	Pukul 10.00 – 10.15 pagi

Satelit *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) atau (Landsat-8) dirancang membawa sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) yang mempunyai 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat pendahulunya yaitu 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, akan tetapi sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal 1: 443 mikrometer (μm) untuk aerosol garis pantai dan kanal 9 : 1375 mikrometer (μm) untuk deteksi *cirrus*, namun tidak mempunyai kanal inframerah termal. Sehingga pada tahun 2008 untuk menghasilkan kontinuitas kanal inframerah termal, program LDCM (Landsat-8) mengalami pengembangan, yaitu sensor pencitra *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS) ditetapkan sebagai pilihan pada misi LDCM (Landsat-8) yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI, Landsat 8 memiliki dua sensor utama yaitu (*National Aeronautics and Space Administration* (NASA), 2008) :



Gambar II-6 Sensor OLI (kiri) dan Sensor TIRS (kanan) (United States Geological Survey, 2016)
1. Sensor OLI (*Operational Land Imagery*)

Sistem pencitraan sensor OLI yaitu *pushbroom* dengan sebuah telescope yang mempunyai 4 cermin dan kuantitas data 12 bit. OLI mempunyai 9 kanal ultispektral, dengan resolusi spasial 30 meter (15 meter kanal pankromatik) lebar cakupan 185 km dengan ketinggian perekaman 705 km. Lebar panjang gelombang pada kanal OLI banyak

mengalami perubahan dari kanal ETM+ untuk menghindari obyek penyerapan atmosfer yang ada pada kanal ETM+. Perubahan terbesar terjadi pada kanal 5 OLI (0,845–0,885 μm) untuk mengabaikan obyek penyerapan uap air pada 0.825 mikrometer (μm) yang ada di tengah panjang gelombang kanal 4 ETM+. Kanal pankromatik OLI yaitu kanal 8 juga relatif lebih sempit dibanding kanal pankromatik ETM untuk membangun kontras yang besar antara area bervegetasi dengan yang tidak bervegetasi. Sensor OLI mempunyai kanal - kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat 7.

2. Sensor TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*)

Sensor TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*) dirancang oleh NASA GSFC, dengan umur beroperasi 3 tahun. Sistem pencitraan sensor TIRS sama seperti sensor OLI yaitu *pushbroom*. TIRS untuk kelanjutan pengukuran suhu dan mendukung aplikasi pengukuran laju *evapotranspirasi* untuk pengelolaan sumber daya air. Sensor TIRS membawa kanal termal yang resolusi spasialnya 100 meter diresampling mengikuti kanal multispektral yang ada pada sensor OLI yaitu 30 meter.

Satelit landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7. Jenis kanal, panjang gelombang dan resolusi spasial setiap band pada landsat 8 dibandingkan dengan landsat 7 seperti tertera pada Tabel II-4.

Tabel II-4 Karakteristik Satelit LDCM (Landsat-8) (NASA, 2017)

Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Kegunaan
Band 1 - Aerosol	0,43-0,45	<i>Aerosol/coastal zone</i>
Band 2 - Biru	0,45-0,51	<i>Pigments/scatter/coastal</i>
Band 3 - Hijau	0,53-0,59	<i>Pigments/coastal</i>
Band 4 - Merah	0,64-0,67	<i>Pigments/coastal</i>
Band 5 - NIR	0,85-0,88	<i>Foliage/coastal</i>
Band 6 – SWIR 1	1,57-1,65	<i>Foliage</i>
Band 7 – SWIR 2	2,11-2,29	<i>Minerals/litter/no scatter</i>
Band 8 - Pankromatik	0,50-0,68	<i>Image sharpening</i>
Band 9 – Cirrus	1,36-1,38	<i>Cirruscloud detection</i>
Band 10 – TIRS 1	10,6-11,19	<i>Thermal detection</i>
Band 11 – TIRS 2	11,5 – 12,51	<i>Thermal detection</i>

II.5.2 Uji Akurasi Geometrik

Perekaman citra satelit di muka bumi dan menyajikannya dalam suatu gambar atau foto dalam format dan kebutuhan tertentu. Citra tersebut tidak hanya menampilkan gambaran (visual) objek, namun juga posisi sebenarnya objek tersebut di muka bumi. Hasil perekaman posisi oleh satelit tidak selalu menghasilkan posisi yang akurat. Tidak akuratnya posisi yang terekam ini terlihat dari adanya distorsi atau pergeseran lokasi suatu objek pada citra dari lokasi sebenarnya di bumi. Hal tersebut dapat diminimalisir dengan melakukan koreksi geometrik. Koreksi geometri bertujuan untuk memperbaiki posisi objek dalam citra akibat distorsi ke posisi yang sebenarnya di muka bumi (Ardiansyah, 2015). Kesalahan geometrik ada dua, yaitu:

a. Kesalahan sistematis (*Systematic Geometric Error*)

Kesalahan sistematis (*Systematic Geometric Error*) merupakan kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan sensor, yang meliputi penyiaran yang tidak simetris, kecepatan cermin penyiaran yang tidak konstan, *distorsi panoramic*, kecepatan wahana, rotasi bumi dan perspektif geometrik.

b. Kesalahan acak (*Non-systematic Geometric Error*)

Kesalahan acak (*Non-systematic Geometric Error*) merupakan kesalahan yang disebabkan oleh orbit, perilaku satelit, efek rotasi bumi, dan efek bentuk muka bumi. Kesalahan non sistematis dikoreksi dengan rumus yang diturunkan dengan membuat model matematis atau sumber kesalahan, tetapi berusaha mengeliminir total kesalahan geometrik secara manual.

Distorsi sistematis dan non sistematis dikoreksi dengan melakukan transformasi koordinat dengan menggunakan beberapa buah titik kontrol tanah (GCP). Transformasi koordinat bertujuan untuk menyamakan sistem koordinat citra dengan sistem koordinat peta acuan yang sesuai dengan daerah liputan citra. Transformasi koordinat dapat digunakan rumus affine sebagai berikut (Utami, 2015):

$$X_{\text{peta}} = a_0 + a_1x + a_2y \dots\dots\dots (II.1)$$

$$Y_{\text{peta}} = b_0 + b_1x + b_2y \dots\dots\dots (II.2)$$

Keterangan:

$X_{\text{peta}}, Y_{\text{peta}}$ = koordinat peta referensi

x, y = koordinat citra

$a_0, b_0, a_1, b_1, a_2, b_2$ = parameter transformasi

Pembuatan minimal titik GCP pada rektifikasi citra dengan metode polinomial dibagi menjadi 3, yaitu (Kurniawan, 2013) :

Orde 1 : disebut juga transformasi affine diperlukan minimal 3 titik GCP

Orde 2 : memerlukan minimal 6 GCP

Orde 3 : memerlukan minimal 10 GCP x CE90 (1,575 x RMSE)

CE90 = *Circular Error* 90 (posisi horizontal)

RMSE = *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y

II.5.3 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik terjadi akibat pengaruh kesalahan faktor eksternal yang disebabkan oleh perbedaan posisi matahari, sudut perekaman, dan topografi wilayah. Sedangkan proses koreksi radiometrik karena faktor eksternal atmosfer meliputi Koreksi Atas Atmosfer (*Top of Atmosphere*), *Bidirectional Reflectance Difference Function* (BRDF), dan *Slope Correction*. Hasil dari koreksi radiometrik karena faktor eksternal biasanya berupa nilai reflektan objek yang merupakan rasio dari radian terhadap irradian (Kustiyo dkk., 2014).

Kalibrasi radiometrik merupakan langkah pertama yang harus dilakukan saat kita mengolah data citra satelit. Tujuan utama dari Kalibrasi radiometrik ini adalah untuk mengubah data pada citra yang (pada umumnya) disimpan dalam bentuk DN menjadi radian dan atau reflektan, bisa juga ke *brightness temperature* (untuk kanal *Thermal Infra Red*).

Kalibrasi radiometrik untuk memperoleh reflektan ToA dilakukan melalui dua tahap, tahap pertama adalah konversi nilai DN menjadi nilai spektral radian, dan tahap kedua adalah konversi nilai spektral radian menjadi nilai spektral reflektan serta satu tahap dengan melakukan koreksi sudut matahari untuk memperoleh nilai reflektan ToA terkoreksi (Kustiyo dkk, 2014).

a. Mengkonversi DN ke radian ToA ($L\lambda$)

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (USGS, 2015):

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \dots\dots\dots(II.3)$$

Keterangan :

$L\lambda$ = Radian ToA

ML = *Radiance_Mult_Band_x*, di mana x adalah nomer *band*

AL = *Radiance_Add_Band_x*, di mana x adalah nomer *band*

Q_{cal} = Nilai *Digital Number* (DN)

b. Mengkonversi DN ke reflektan ToA ($\rho\lambda'$)

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (USGS, 2015):

$$\rho\lambda' = M\rho Q_{cal} + A\rho \dots\dots\dots(II.4)$$

Keterangan:

$\rho\lambda'$ = Reflektan ToA, tanpa koreksi sudut matahari

$M\rho$ = *Reflectance_Mult_Band_x*, di mana x adalah nomer *band*

$A\rho$ = *Reflectance_Add_Band_x*, di mana x adalah nomer *band*

Q_{cal} = Nilai *Digital Number* (DN)

Proses berikutnya adalah menghitung nilai reflektan ToA dengan koreksi untuk sudut matahari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (USGS, 2015):

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{se})} \dots\dots\dots(II.5)$$

keterangan:

$\rho\lambda^*$ = Reflektan ToA (terkoreksi sudut matahari)

$\rho\lambda'$ = Reflektan ToA (belum terkoreksi)

θ_{SE} = Sudut lokal matahari, tersedia di metadata (*sun_elevation*)

θ_{SZ} = Sudut zenith lokal matahari; $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

Koreksi radiometrik adalah untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya, biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama (Richards, 2006). Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan obyek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Kondisi kecerahan data citra selain pengaruh dari kondisi dan efek atmosfer, juga dipengaruhi oleh sudut sinar matahari dan sensitifitas sensor.

Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada data citra yang mengalami kesalahan atau gangguan (Richards, 2006) sebagai berikut :

1. *Stripping* atau *banding* seringkali terjadi pada data citra yang diakibatkan oleh ketidakstabilan detektor. Merupakan fenomena ketidak-konsistenan perekaman detektor untuk kanal dan areal perekaman yang sama.

2. *Line dropout* kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba. Jangka waktu kerusakan pada kasus ini biasanya bersifat sementara.
3. Efek atmosferik merupakan fenomena yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap seringkali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, sehingga fenomena yang berada di bawahnya tidak dapat terekam secara normal.

Distorsi atau gangguan radiometrik tersebut dapat dikenali dengan ciri-ciri kesalahan pada citra meliputi :

1. Adanya piksel yang hilang
2. Adanya tampilan garis-garis pada tampilan citra
3. Pengaruh atmosfer yang menyebabkan adanya efek hamburan bayangan obyek pada citra atau kabut (*haze*)

Beberapa koreksi radiometrik terhadap data citra, terdiri dari :

2. *Destripping*, untuk mengeliminasi pengaruh gangguan *stripping* atau *banding* pada citra.
3. *Scan Line*, untuk mengeliminasi pengaruh gangguan *line dropout* yang terjadi pada data citra.
4. *Haze Removal*, untuk mengeliminasi pengaruh gangguan dari efek atmosfer.

II.5.4 NDVI

Indeks vegetasi atau NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (*Near-Infrared Radiation*) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer 1997). Vegetasi yang aktif melakukan fotosintesis akan menyerap sebagian besar gelombang merah sinar matahari dan mencerminkan gelombang inframerah dekat lebih tinggi. Vegetasi yang sudah mati atau stres (kurang sehat) lebih banyak mencerminkan gelombang merah dan lebih sedikit pada gelombang inframerah dekat. Algoritma NDVI didapat dari rasio antara band merah dan band inframerah dekat dari citra Penginderaan Jauh, dengan begitu indeks “kehijauan” vegetasi dapat ditentukan. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* merupakan indeks rasio yang paling umum digunakan untuk vegetasi. Berikut algoritma NDVI dituliskan dalam rumus (Lillesand dan Keifer, 1979):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \dots\dots\dots (II.6)$$

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near-Infrared Radiation*

NIR adalah nilai band inframerah dekat untuk sebuah sel dan RED adalah nilai band merah untuk sel tersebut. NDVI dapat dihitung untuk setiap citra yang memiliki band merah dan inframerah dekat. Interpretasi secara biofisik dari NDVI adalah fraksi yang terserap dari radiasi aktif yang berfotosintesis.

Banyak faktor yang mempengaruhi nilai NDVI seperti aktivitas fotosintesis pada tumbuhan, jumlah tutupan tumbuhan, biomasa, kelembaban tumbuhan dan tanah, dan tanaman yang stress (kurang sehat). Karena hal ini, NDVI berkorelasi dengan banyak atribut ekosistem yang menarik bagi para peneliti dan manajer (misalnya produktivitas primer bersih (PBB), tutupan kanopi, tutupan lahan kosong). Selain itu, karena NDVI merupakan rasio dua band, NDVI membantu mengkompensasi perbedaan iluminasi pada citra karena adanya *slope* dan *aspect* dan juga perbedaan antar citra karena beberapa hal seperti waktu atau musim ketika citra diperoleh. Dengan demikian, indeks vegetasi seperti NDVI memungkinkan untuk membandingkan citra dari waktu ke waktu untuk melihat perubahan ekologis yang signifikan.

Hasil dari formula tersebut berkisar -1 sampai +1. Nilai -1 mengindikasikan bahwa pada saluran merah memiliki nilai pantulan maksimum dan pada saluran inframerah dekat memiliki pantulan minimum. Hal ini menunjukkan daerah non vegetasi. Begitu sebaliknya, nilai +1 menunjukkan terjadi pantulan maksimum pada saluran inframerah dekat dan pantulan minimum pada saluran merah, sehingga menunjukkan area bervegetasi kerapatan tinggi.

II.6 Sistem Informasi Geografis

Perkembangan teknologi secara umum mendorong pemanfaatan untuk penanganan data geografis secara digital. Salah satu aplikasi yang berkembang selaras dengan perkembangan tersebut adalah Sistem Informasi Geografis (SIG). Definisi SIG selalu berubah karena SIG merupakan bidang kajian ilmu dan teknologi yang relatif masih baru yang selalu menyesuaikan dengan kondisi saat itu.

Penanganan data geografis secara digital telah muncul sejak lama. Geografian Brian Barry pada tahun 1965 telah memimpikan suatu sistem yang belum terbayangkan olehnya yang mampu menimbun informasi dalam suatu susunan tak terhinnga dan sistem ini kemudian juga mampu memilih informasi yang relevan untuk dijadikan masukan dalam pengambilan keputusan yang menyangkut lokasi.

II.6.1 Pengertian SIG (Sistem Informasi Geografis)

Sistem Informasi Geografis adalah sistem yang berbasis komputer (CBIS) yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena di mana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis (Prahasta, 2001). Berikut merupakan subsistem dalam SIG (Demers, 1997 dalam Prahasta 2001) :

1. *Input Data*

Proses *input* data digunakan untuk memasukkan data spasial dan data non-spasial. Data spasial biasanya berupa peta analog. Untuk SIG harus menggunakan peta *digital* sehingga peta analog tersebut harus dikonversi ke dalam bentuk peta *digital* dengan menggunakan alat *digitizer*. Selain proses digitasi dapat juga dilakukan proses *overlay* dengan melakukan proses *scanning* pada peta analog.

2. Manajemen Data

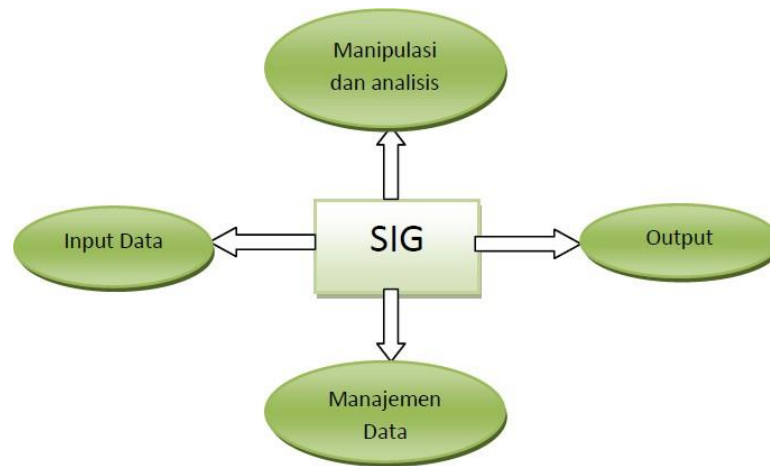
Subsistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun data atribut ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, di-*update*, dan diedit. Jadi subsistem ini dapat menimbun dan menarik kembali dari arsip data dasar, juga dapat melakukan perbaikan data dengan cara menambah, mengurangi atau memperbaharui.

3. Manipulasi Data dan Analisis

Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Subsistem ini juga dapat melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan. Oleh karena itu SIG mampu melakukan fungsi *edit* baik untuk data spasial maupun non-spasial.

4. *Data Output*

Berfungsi menayangkan informasi dan hasil analisis data geografis secara kualitatif maupun kuantitatif. Atau dapat berfungsi menampilkan / menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy*, seperti tabel, grafik, peta, arsip elektronik dan lain-lainnya.



Gambar II-7 Subsistem-Subsistem SIG (Prahasta, 2001)

II.6.2 Tumpang Tindih (*Overlay*)

Overlay adalah analisis spasial esensial yang mengombinasikan dua layer / tematik yang menjadi masukannya. Menurut Prahasta (2001) secara umum, teknis mengenai analisis ini terbagi ke dalam format datanya raster atau vector :

1. Vektor

Pada format ini beberapa perangkat lunak SIG membaginya dalam dua kelompok yaitu *intersect* dan *union*. Pada *intersect* *layer* 2 akan memotong *layer* 1 begitu pula sebaliknya untuk menghasilkan *layer output* yang berisi atribut – atribut baik dari tabel atribut milik *layer* 1 maupun tabel atribut milik *layer* 2. Sementara pada *union*, analisis spasial akan mengombinasikan unsur – unsur spasial baik yang terdapat pada *layer* 1 maupun *layer* 2 untuk menghasilkan *layer* baru (yang berdomain spasial terluas). *Layer* baru yang dihasilkan (*output*) akan berisi atribut yang berasal dari kedua tabel atribut yang menjadi masukannya.

2. Raster

Secara umum, di dalam terminologi data *raster*, fungsi analisis spasial *overlay* diwujudkan dalam bentuk pemberlakuan beberapa operator aritmatika yang mencakup kebanyakan kasus dimana dua masukan citra digital digunakan untuk menghasilkan sebuah citra digital lainnya (*output*). Dengan demikian pada analisis spasial ini nilai – nilai piksel – piksel citra akan dikombinasikan dengan menggunakan operator aritmatika dan *boolean* (*biner*) untuk menghasilkan nilai – nilai piksel baru (*composite*). Pada *raster* / grid, (*layers*) peta dapat dinyatakan sebagai variabel – variabel aritmatika yang bisa dikenakan oleh fungsi – fungsi aljabar.

Menurut Suhadi (2010), ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam tumpang tindih (*overlay*) antara lain :

1. Metode kuantitatif binary merupakan dilakukan dengan mengoverlaykan unsur-unsur penentu kesesuaian modelnya. Kriteria tersebut bersifat mutlak bilamana tidak memenuhi salah satu persyaratan tersebut maka model tersebut dianggap tidak sesuai.
2. Metode kuantitatif berjenjang yaitu metode dimana tiap unit dalam satu tema memiliki nilai atau harkat yang disesuaikan dengan kontribusi terhadap penentuan hasil dari modelnya. Disini komponen tema peta pengaruh bersifat sama atau setara kontribusinya.
3. Metode kuantitatif berjenjang tertimbang adalah metode dimana tiap unit dalam satu tema memiliki nilai atau harkat yang disesuaikan dengan kontribusi terhadap penentuan hasil dari modelnya. Disini perbedaan dengan kuantitatif berjenjang adalah tiap tema memiliki kontribusi yang berbeda sehingga harus dibuat bobot sesuai dengan tingkat pengaruhnya terhadap hasil.

Rumus dari penentuan identifikasi potensi air tanah dengan *tools union* ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Total Skor Akhir} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 \dots \dots \dots (II.7)$$

Keterangan: S = Skor

Pembuatan kelas dari skor akhir dilakukan dengan metode manual/interval teratur yaitu perhitungan selisih antara data dalam satu kelas menggunakan rerata nilai tertinggi dan nilaiterendah. Untuk menentukan besarnya interval (x) dapat dilakukan dengan rumus

$$X = (\max - \min) / \sum \text{kelas} \dots \dots \dots (II.8)$$

Keterangan: max = nilai data tertinggi

Min = nilai data terendah

\sum kelas = banyaknya kelas

Penentuan interval kelasnya :

$$\text{Kelas I} = A \text{ s/d } A + X \dots \dots \dots (II.9)$$

$$\text{Kelas II} = (A + X) + 1 \text{ sd } (A + X + 1) + X \dots \dots \dots (II.10)$$

$$\text{Kelas ke-n} = (A + Xn) + 1 \text{ s/d } (A + X + 1) + X \dots \dots \dots (II.11)$$

Keterangan: X = interval kelas

A = nilai terendah

N = urutan kelas

II.7 Validasi

Validasi dilakukan untuk menguji kebenaran dari penelitian yang dilakukan. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dengan keadaan sebenarnya di daerah penelitian. Validasi dilakukan untuk mengetahui keadaan di daerah penelitian dilakukan pengambilan data (*sampling*) pada daerah penelitian. Pengambilan data di daerah penelitian dilakukan dengan teknik kuisioner.

Pengambilan titik sampel dilakukan dengan teknik *probability sampling* dengan menggunakan *proportionate stratified random sampling*. Menurut Sugiyono (2010), *proportionate stratified random sampling* adalah teknik yang digunakan bila populasi mempunyai anggota/unsur yang tidak homogen dan berstrata secara proporsional. Rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya sampel pada setiap kelas dilakukan dengan alokasi proporsional agar sampel yang diambil lebih proporsional dengan rumus:

$$\text{Jumlah sampel tiap kelas} = \frac{\text{jumlah sampel}}{\text{jumlah populasi}} \times \text{jumlah tiap kelas} \dots\dots\dots(\text{II.12})$$

Pengumpulan data di daerah penelitian menggunakan teknik kuisioner. Menurut Nazir (2013), *kuesioner* atau *daftar pertanyaan* adalah sebuah set pertanyaan yang secara logis berhubungan dengan masalah penelitian, dan tiap pertanyaan merupakan jawaban-jawaban yang mempunyai makna dalam menguji hipotesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, E.S. 2008. *Katalog Metodologi Penyusun Geo Hazard dengan GIS*. Jakarta Timur. Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh (LAPAN).
- Ardiansyah. 2015. *Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan ENVI 5.1 dan ENVI LiDAR*. Jakarta Selatan : Lasbig Inderaja Islim.
- Asdask, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional . 2010. SNI 7645-2010 tentang *Klasifikasi Penutupan Lahan*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. SNI 13-7121-22005 *tentang Penyelidikan Potensi Air Tanah Skala 1:100000 atau lebih besar*. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. SNI 7645:2010 *tentang Klasifikasi Penutup Lahan*. Jakarta.
- Bisri, M. 2012. *Air Tanah*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Darmawijaya, M. Isa. 1990. *Klasifikasi Tanah : Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah Dan Pelaksana Pertanian Di Indonesia*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Delarizka. A. 2016. *Analisis Fenomena Pulau Bahang (Urban Heat Island) Di Kota Semarang Berdasarkan Hubungan Antara Perubahan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Multi Temporal Landsat*. Skripsi Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dianovita, Ediyanta P. dan Fadila M. (2013). Kajian Data Satelit Generasi Baru Landsat LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*). *INDERAJA*,6(06), 21-28.
- Herlambang, A., 1996, *Kualitas Airtanah Dangkal di Kabupaten Bekasi*, Tesis: Institut Pertanian Bogor.
- Kementrian Kehutanan. 2012. Permenhut RI No : P.12/Menhut-II/2012 *tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai*. Jakarta.
- Kementrian Pertanian. 1980. SK Mentan No : 837/Kpts/Um/11/1980 *tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung*. Jakarta.
- Kodoatie, Robert J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Penerbit Andi, Yogyakarta.

- Kompas. 2015. *Lima Belas Desa di Kabupaten Kendal Alami Kekeringan*. Tersedia pada <https://regional.kompas.com/read/2015/08/22/01171161/Lima.Belas.Desadi.Kabupaten.Kendal.Alami.Kekeringan> diakses pada 4 Februari 2017.
- Kompas. 2017. *Kekeringan di Kendal Meluas Warga Minta Bantuan Air Bersih*. Tersedia pada <https://regional.kompas.com/read/2017/09/15/07502681/kekeringan-di-kendal-meluas-warga-minta-bantuan-air-bersih> diakses pada November 2017.
- Kurniawan, A., Taufik, M., Yudha, I.M. 2015. *Pengaruh Jumlah dan Sebaran GCP pada Proses Rektifikasi Citra Worldview II (Studi Kasus : Kota Kediri, Jawa Timur)*. Surabaya : Teknik Geomatika, Institut Teknologi Surabaya.
- Kustiyo, Dewanti R, dan Lolitasari I. 2014. *Pengembangan Metoda Koreksi Radiometrik Citra SPOT 4 Multi-Spektral dan Multi-Temporal untuk Mosaik Citra*. Jakarta : Pusat Teknologi dan Data Pengindraan Jauh LAPAN.
- Lillesand dan Kiefer.1979. *Pengindraan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Linsley, R.K.,dkk. 1996. Hidrologi Untuk Insinyur. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- National Aeronautics and Space Administration. (2017). *Landsat 8 Overview*. Diperoleh dari <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-overview/> landsat. Diakses pada tanggal 24 April 2017.
- Nazir, Moh. (2013). *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia
- Pemerintah Kabupaten Kendal. 2017. *Kondisi Geografis*. Tersedia pada https://www.kendalkab.go.id/profil/detail/kondisi_geografis. Diakses pada 30 Maret 2017.
- Prahasta, Eddy. 2001. *Konsep – Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi*. Informatika. Bandung.
- Purwadhi, S. H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta : Grasindo.
- Purwanta, S dan Sumunar. D.R.S. 2010. Modul Praktikum Sisitem Informasi Geografis. FISIP. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Raharjo, P.D. 2010. *Teknik Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Potensi Kekeringan*. Jurnal Makara, Teknologi, 14, 97-105.
- Rahman F. 2017. *Analisis Kekeringan Pada Lahan Pertanian Menggunakan Metode NDDI Dan Perka BNPB Nomor 02 Tahun 2012 (Studi Kasus : Kabupaten Kendal Tahun 2015)*. Skripsi. Teknik Geodesi. UNDIP. Semarang
- Richard, J. A dan Jia, X. 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis (Edisi ke-4). Heidelberg: Springer.

- Saputra, R. 2013. *Kajian Perubahan Luas Laguna di Pantai Samas, Kabupaten Bantul dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat Multi-temporal*. Skripsi. Semarang. FPIK UNDIP.
- Sari, D.N. 2014. *Pengindraan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Untuk Pemetaan Potensi Ketersediaan Air di Daerah Aliran Sungai Blongkeng*. Tugas Akhir. Sekolah Vokasi. UGM. Yogyakarta.
- Sari,P.M dan Sudaryatno. 2013. *Pemanfaatan Citra Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Identifikasi Mata air Di Kabupaten Sleman*. Skripsi. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta.
- Sindonews. 2015. *14 Desa di Kendal Kekeringan*. Tersedia pada <https://daerah.sindonews.com/read/905345/22/14-desa-di-kendal-kekeringan-1411667272> diakses pada 4 Februari 2017.
- Sitanggang, G. (2010). Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Pengindraan Jauh Satelit LDCM (LANDSAT-8). *Berita Dirgantara*, 11(2), 47-58.
- Sugiharyanto dan Khotimah, N. 2009. *Diktat Mata Kuliah Geografi Tanah. Pendidikan Geografi*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Sukojo, B.M dan Aristiwijaya, B. 2016. *Analisa Citra Satelit Landsat 8 Untuk Identifikasi Potensi Mata Air (Studi Kasus :Kabupaten Bojonegoro)*. Departemen Teknik Geomatika. ITS. Surabaya.
- Talobre D.F. 1967. *La Mécanique des Roches*.Deuxieme Edition.Dunod.Paris.
- United States Geological Survey. (2016). *LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK*. Sioux Falls: Department of the Interior U.S. Geological Survey.
- USGS. 2013. *Landsat Standard Data Product*. Tersedia pada http://Landsat.usgs.gov./Landsat_level_1_standard_data_products.php. diakses pada tanggal 25 Maret 2017.
- USGS. 2015. *Using The USGS Landsat 8 Product*. Tersedia pada http://Landsat.usgs.gov/Landsat8Using_Product.php. Diakses pada 30 Maret 2017.
- USGS. 2016. *Landsat 8 Data Users Handbook. Version 2.0*. Department of the Interior U.S. Geological Survey. USGS.
- Utami, F.P. 2015. *Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi Dengan Metode Pengindraan Jauh (Studi*

Kasus : Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah). Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro. Semarang.

Wedehanto, S. 2014. *Penggunaan Citra Landsat 7 ETM Untuk Menduga Keberadaan Air Tanah. (Studi Kasus Pemboran Sumur P2AT di Wilayah Kabupaten Madiun).* Tesis. FTSP. ITS. Surabaya.